

LIGHT SOURCE OF VARIABLE WAVELENGTH

Publication number: JP2004006272

Publication date: 2004-01-08

Inventor: FUJII SUKEYUKI

Applicant: SANYO ELECTRIC CO

Classification:

- international: *H05B33/24; H01L51/50; H05B33/14; H05B33/24; H01L51/50; H05B33/14; (IPC1-7): H05B33/24; H05B33/14*

- european:

Application number: JP20030080497 20030324

Priority number(s): JP20030080497 20030324; JP20020086529 20020326

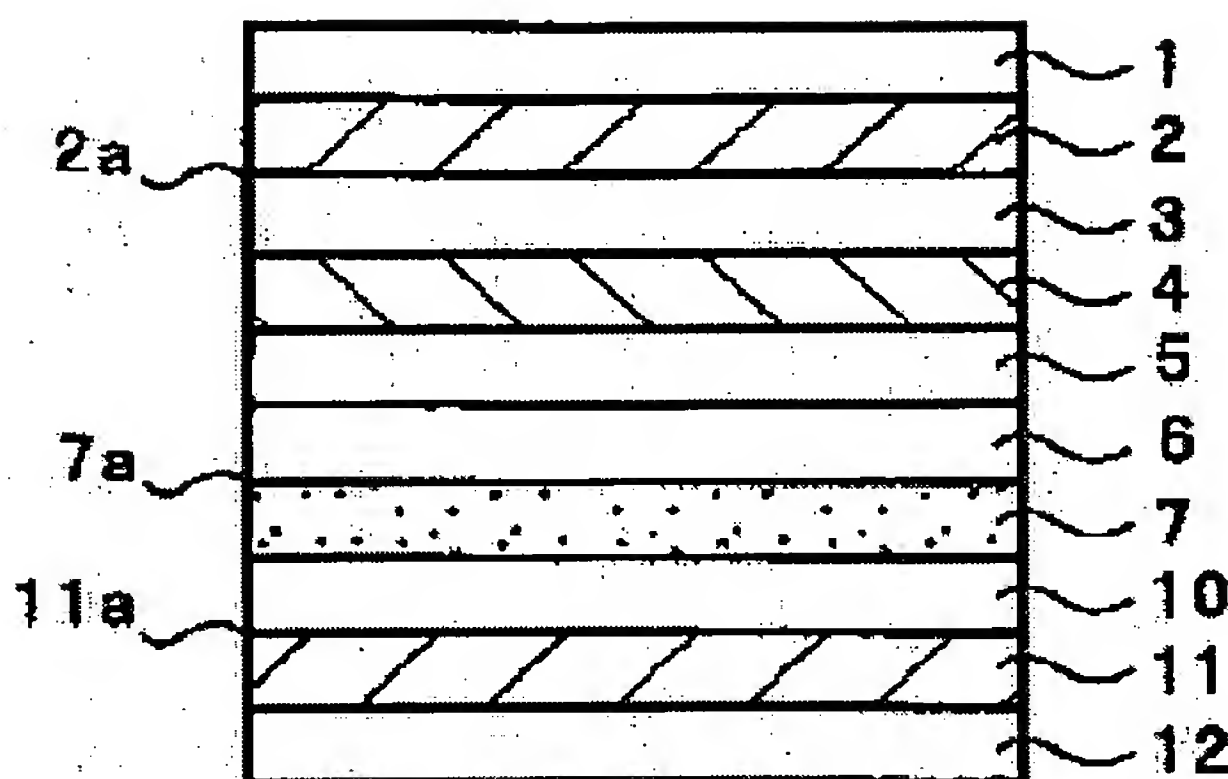
[Report a data error here](#)

Abstract of JP2004006272

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a light source of variable wavelength in which the emission spectrum width is narrow and the emission wavelength can be easily varied in a light source for making an organic substance such as an organic EL element emit light.

SOLUTION: This light source comprises a luminous layer 7 in which a light-emitting substance having an inter-carbon-atom bond is contained, a pair of electrodes 2, 11 pinching the luminous layer 7 and installed on its both sides, a pair of main reflectors 2, 11 pinching the luminous layer 7 and installed on its both sides and constituting an optical resonator against light emitted from the luminous layer 7, and a refractive index modulation means 3 installed in a light path of the optical reflector, and is capable of controlling the wavelength and/or directivity of the light emitted from the light source by reversibly changing the light path length of the optical resonator by the refractive index modulation means 3.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(51) Int.Cl.⁷
H05B 33/24
H05B 33/14

F I
H05B 33/24
H05B 33/14

テーマコード (参考)
3K007
A

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2003-80497 (P2003-80497)	(71) 出願人	000001889 三洋電機株式会社 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
(22) 出願日	平成15年3月24日 (2003.3.24)	(74) 代理人	100095382 弁理士 目次 誠
(31) 優先権主張番号	特願2002-86529 (P2002-86529)	(74) 代理人	100086597 弁理士 宮▼崎▲ 主税
(32) 優先日	平成14年3月26日 (2002.3.26)	(72) 発明者	藤井 祐行 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三 洋電機株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	Fターム(参考)	3K007 AB01 AB17 CB04 DB03 EA04

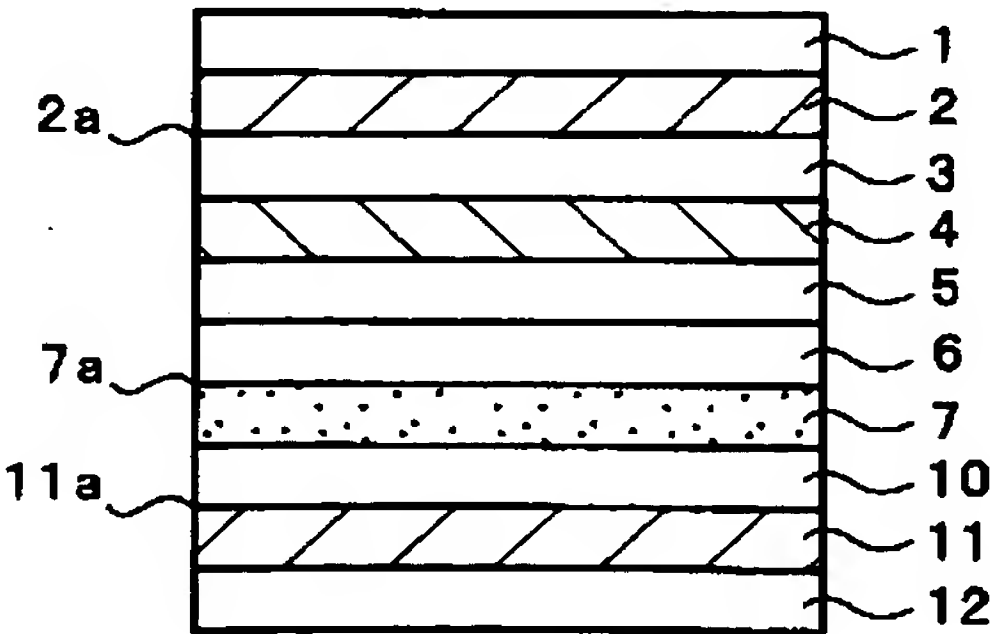
(54) 【発明の名称】 波長可変光源

(57) 【要約】

【課題】有機EL素子などの有機物質を発光させる光源において、発光スペクトル幅が狭く、発光波長を容易に可変することができる波長可変光源を得る。

【解決手段】炭素原子間結合を有する発光性物質が含有された発光層7と、発光層7を挟みその両側に設けられる一対の電極2及び11と、発光層7を挟みその両側に設けられ、発光層7から出射された光に対して光共振器を構成する一対の主反射器2及び11と、光反射器の光路内に設けられる屈折率変調手段3とを備え、屈折率変調手段3で光共振器の光路長を可逆的に変化させることにより、光源から出射する光の波長及び／または指向性を制御可能にしたことを特徴としている。

【選択図】 図1



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】

炭素原子間結合を有する発光性物質が含有された発光層と、
前記発光層を挟みその両側に設けられる一対の電極と、
前記発光層を挟みその両側に設けられ、前記発光層から出射された光に対して光共振器を構成する一対の主反射器と、
前記光共振器の光路内に設けられる屈折率変調手段とを備え、
前記屈折率変調手段で前記光共振器の光路長を可逆的に変化させることにより、光源から出射する光の波長を制御可能にしたことを特徴とする波長可変光源。

【請求項2】

炭素原子間結合を有する発光性物質が含有された発光層と、
前記発光層を挟みその両側に設けられる一対の電極と、
前記発光層を挟みその両側に設けられ、前記発光層から出射された光に対して光共振器を構成する一対の主反射器と、
前記光共振器の光路内に設けられる屈折率変調手段とを備え、
前記屈折率変調手段で前記光共振器の光路長を可逆的に変化させることにより、光源から出射する光の指向性を制御可能にしたことを特徴とする波長可変光源。

【請求項3】

前記屈折率変調手段が、一対の電極に挟まれた圧電体からなることを特徴とする請求項1または2に記載の波長可変光源。

【請求項4】

前記圧電体を挟む一対の電極のいずれか一方が、前記発光層を挟む前記一対の電極のいずれか一方から構成されていることを特徴とする請求項3に記載の波長可変光源。

【請求項5】

前記一対の主反射器が、前記発光層を挟む前記一対の電極から構成されていることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の波長可変光源。

【請求項6】

前記一対の主反射器間の光路長が、光源から出射する所定のピーク波長の2分の1の自然数倍と実質的に等しいことを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の波長可変光源。

【請求項7】

前記一対の主反射器間の光路長が、光源から出射する所定のピーク波長の自然数倍の200分の99～200分の101の範囲であることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の波長可変光源。

【請求項8】

前記発光層の中の発光が最も強く起こっている領域の中心から前記主反射器間までの間の光路長が、光源から出射する所定のピーク波長の2分の1の自然数倍と実質的に等しいことを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の波長可変光源。

【請求項9】

前記発光層の中の発光が最も強く起こっている領域の中心から前記主反射器までの間の光路長が、光源から出射する所定のピーク波長の自然数倍の200分の99～200分の101の範囲であることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の波長可変光源。

【請求項10】

前記発光層の中の発光が最も強く起こっている領域に近い方の端面と該端面に近い方の前記主反射器との間の光路長が、光源から出射する所定のピーク波長の2分の1の自然数倍と実質的に等しいかまたはやや小さいことを特徴とする請求項1～9のいずれか1項に記載の波長可変光源。

【請求項11】

前記発光層の中の発光が最も強く起こっている領域に近い方の端面と該端面に近い方の前記主反射器との間の光路長が、光源から出射する所定のピーク波長の自然数倍の200分

(3)

の101～200分の88の範囲であることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項に記載の波長可変光源。

【請求項12】

前記発光層の中の発光が最も強く起こっている領域に近い方の端面と該端面から遠い方の前記主反射器との間の光路長が、光源から出射する所定のピーク波長の2分の1の自然数倍と実質的に等しいかまたはやや大きいことを特徴とする請求項1～11のいずれか1項に記載の波長可変光源。

【請求項13】

前記発光層の中の発光が最も強く起こっている領域に近い方の端面と該端面から遠い方の前記主反射器との間の光路長が、光源から出射する所定のピーク波長の自然数倍の200分の99～200分の112の範囲であることを特徴とする請求項1～11のいずれか1項に記載の波長可変光源。

【請求項14】

前記発光層を挟む前記一対の電極の少なくとも一方の外側に光透過性の補助電極が設けられていることを特徴とする請求項1～13のいずれか1項に記載の波長可変光源。

【請求項15】

前記補助電極の光路長が、光源から出射する所定のピーク波長の2分の1の自然数倍と実質的に等しいことを特徴とする請求項14に記載の波長可変光源。

【請求項16】

前記補助電極の光路長が、光源から出射する所定のピーク波長の自然数倍の200分の99～200分の101の範囲であることを特徴とする請求項14に記載の波長可変光源。

【請求項17】

前記発光層が有機EL発光層であることを特徴とする請求項1～16のいずれか1項に記載の波長可変光源。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、有機エレクトロルミネッセンス（有機EL）素子などの光源において、発光波長を可変することができる光源に関するものである。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】

近年、有機物質の非晶質薄膜を用いた有機EL素子の開発が盛んに行われている。有機EL素子などの有機物質を発光させる光源では、発光スペクトルの幅が広く、発光波長の変調が困難であった。例えば、下記特許文献1には、発光ピーク波長が450～570nmの範囲にあり、かつ半値幅が100～200nmの範囲にある有機発光材料が発光層に含有されている。

【0003】

従って、有機EL素子などの有機物質を発光させる光源は、周波数変調方式により光通信を高速で行うための光源として用いることは困難であった。また、光源を点滅させた場合の応答速度が数マイクロ秒～数百マイクロ秒の範囲であるため、パルス幅変調またはパルス符号変調の方式によっても、高速で光通信を行うことは困難であった。本発明の第2の目的は、プライバシー保護などのため、視野角を制限できると共に、視野角を拡大することもできる波長可変光源を提供することにある。

【0004】

【特許文献1】

特開平8-315983号公報

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1の目的は、有機EL素子などの有機物質を発光させる光源において、発光スペクトル幅が狭く、発光波長を容易に可変することができる波長可変光源を提供すること

(4)

にある。

【0006】

本発明の第2の目的は、プライバシー保護などのため、視野角を制限できると共に、視野角を拡大することもできる波長可変光源を提供することにある。

本発明の波長可変光源は、炭素原子間結合を有する発光性物質が含有された発光層と、発光層を挟みその両側に設けられる一対の電極と、発光層を挟みその両側に設けられ、発光層から出射された光に対して光共振器を構成する一対の主反射器と、光共振器の光路内に設けられる屈折率変調手段とを備え、屈折率変調手段で光共振器の光路長を可逆的に変化させることにより光源から出射する光の波長及び／または指向性を制御可能にしたことを特徴としている。

【0007】

本発明における屈折率変調手段としては、例えば、一対の電極に挟まれた圧電体からなるものを挙げることができる。一対の電極から圧電体に電圧を印加することにより、圧電体の厚みを圧電効果により変化させ、その屈折率を変化させることができる。このような圧電体を光共振器の光路内に設けることにより、光共振器の光路長を変化させることができ、光源から出射する光の波長を変化させ、制御することができる。

【0008】

圧電体を挟む一対の電極のいずれか一方は、発光層を挟む一対の電極のいずれか一方から構成されていてもよい。本発明における屈折率変調手段は、上記圧電体の他にも、電圧、電流、電磁波、弾性波、熱などの刺激に応じて、その屈折率が増加するものを用いることができる。具体的には、電気光学効果、音響光学効果、磁気光学効果、熱光学効果、非線形光学効果などを示す物質を用いることができる。

【0009】

本発明において、一対の主反射器は、発光層を挟む一対の電極から構成されていてもよい。すなわち、電極が金属薄膜などから形成される場合、この金属薄膜を主反射器として用いることができる。

【0010】

本発明において、一対の主反射器は光共振器を構成するものであるため、一対の主反射器間の光路長は、光源から出射する所定のピーク波長（設計ピーク波長）の2分の1の自然数倍と実質的に等しいことが好ましい。具体的には、例えば、光源から出射する所定のピーク波長の自然数倍の200分の99～200分の101の範囲であることが好ましい。

【0011】

本発明においては、発光層中の発光が最も強く起きている領域の中心から主反射器までの間の光波長が、光源から出射する所定のピーク波長の2分の1の自然数倍と実質的に等しいことが好ましい。具体的には、例えば、光源から出射する所定のピーク波長の自然数倍の200分の99～200分の101であることが好ましい。このように設定することにより、波長選択の効果をさらに高めることができる。

【0012】

発光層中の発光が最も強く起こっている領域は、発光層の端面近傍である場合もあれば、発光層の中心部である場合もある。さらには、発光層と隣接する層内である場合もある。従って、発光層の端面と主反射器との間の光路長については、以下のように設定されていることが好ましい。

【0013】

すなわち、発光層の中の発光が最も強く起こっている領域に近い方の端面と該端面に近い方の主反射器との間の光路長は、光源から出射する所定のピーク波長の2分の1の自然数倍と実質的に等しいかまたはやや小さいことが好ましい。具体的には、例えば、光源から出射する所定のピーク波長の自然数倍の200分の101～200分の88の範囲であることが好ましい。

【0014】

(5)

発光層の中の発光が最も強く起こっている領域に近い方の端面と該端面から遠い方の主反射器との間の光路長は、光源から出射する所定のピーク波長の2分の1の自然数倍と実質的に等しいかまたはやや大きいことが好ましい。具体的には、例えば、光源から出射する所定のピーク波長の自然数倍の200分の99～200分の112の範囲であることが好ましい。

【0015】

本発明においては、発光層を挟む一対の電極の少なくとも一方の外側に光透過性の補助電極が設けられていてもよい。このような補助電極は、金属薄膜からなる電極と接するように設け、金属薄膜の電極と補助電極からなる複合電極を構成することができる。光透過性の補助電極を設けることにより、金属薄膜からなる電極の厚みを薄くすることができ、導電性と光透過性の両方の特性を付与することができる。従って、このような補助電極が設けられた側から光を出射することができる。

【0016】

上記補助電極の光路長は、光源から出射する所定のピーク波長の2分の1の自然数倍と実質的に等しいことが好ましい。具体的には、例えば、光源から出射する所定のピーク波長の自然数倍の200分の99～200分の101の範囲であることが好ましい。

【0017】

本発明における発光層は、例えば有機EL発光物質を含む有機EL発光層であるが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0018】

【発明の実施の形態】

(実施例1)

図1は、本発明に従う実施例の波長可変光源を示す模式的断面図である。ガラスからなる基板1の上には、第1電極2としてスパッタリング法により金(gold)の薄膜(厚さ200nm)が形成されている。第1電極2の上には、屈折率変調手段としての光透過性の圧電体薄膜3(厚さ50nm)が、アルゴンと窒素からなる雰囲気中の電子サイクロトロン共鳴(ECR)プラズマによる反応性スパッタリング法により形成されている。圧電体薄膜3は、窒化アルミニウム(AlN)から形成されている。圧電体薄膜3の上には、第2電極4としてスパッタリング法により $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$ (ITO)(厚さ50nm)の透明性導電薄膜が形成されている。

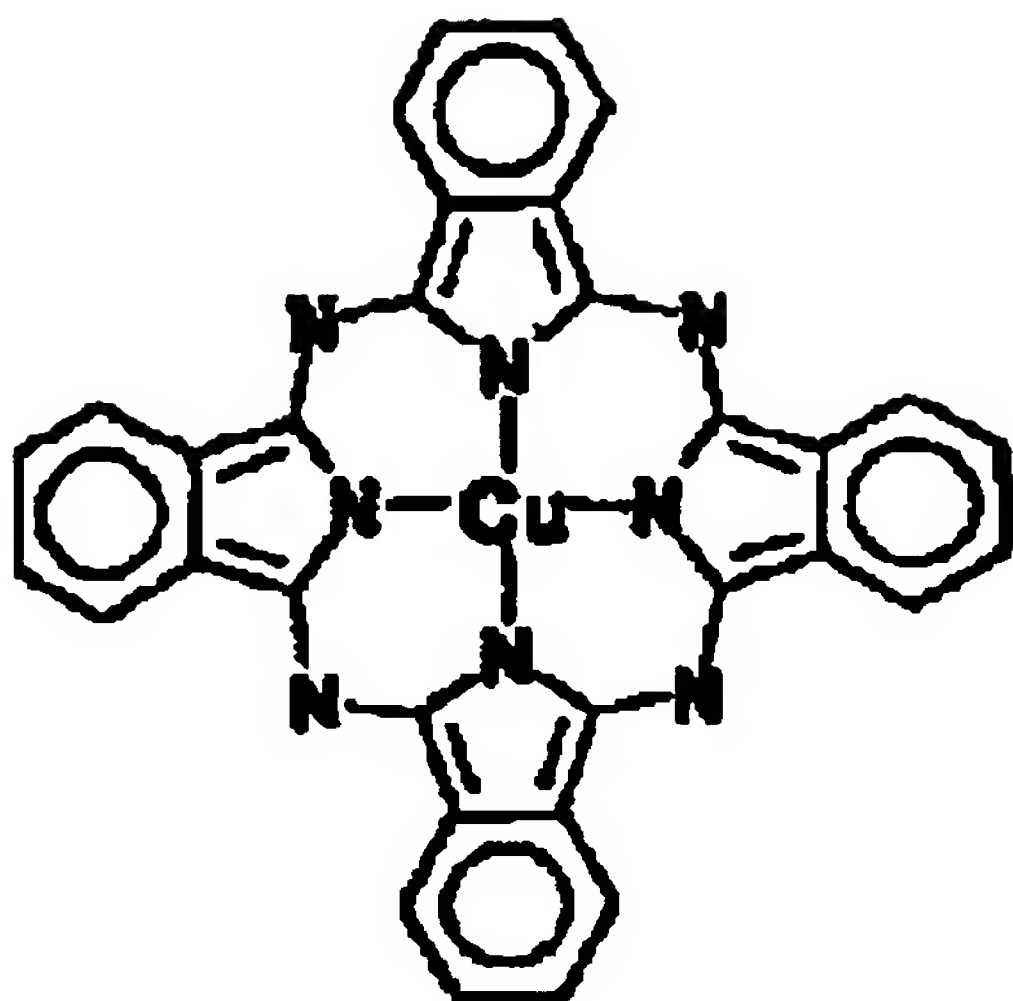
【0019】

第2電極4の上には、以下に示す化学構造を有するフタロシアニン銅(CuPc)からなる正孔注入層5(厚さ9nm)が形成されている。

【0020】

【化1】

(6)

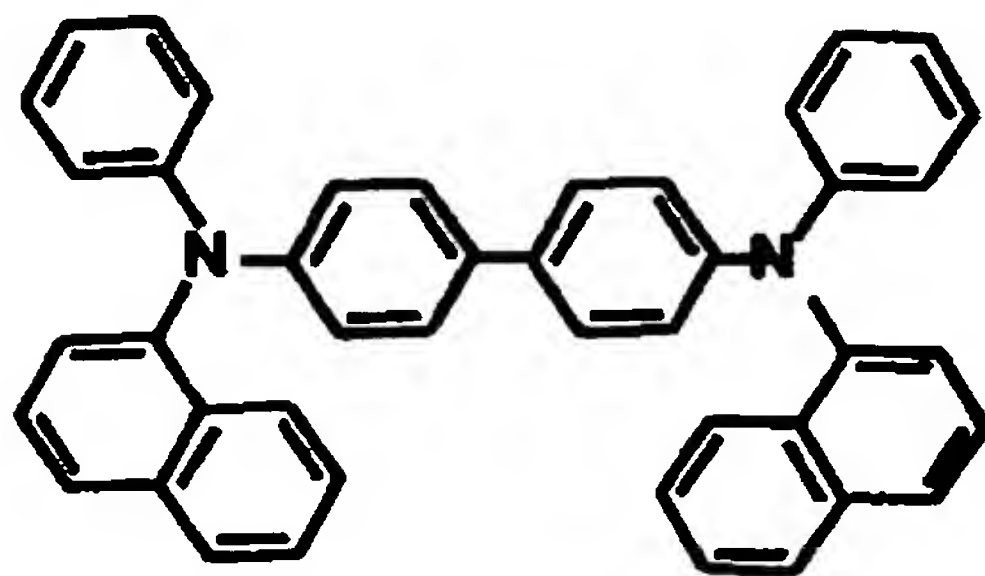
**CuPc**

【0021】

正孔注入層5の上には、以下に示す化学構造を有する4,4'-bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino]biphenyl (NPB) からなる正孔輸送層6 (厚さ30nm) が形成されている。

【0022】

【化2】

**NPB**

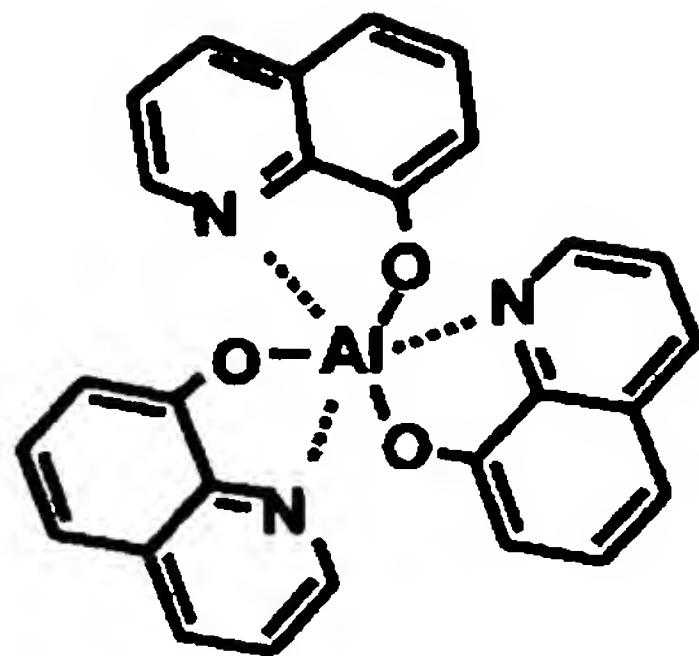
【0023】

正孔輸送層6の上には、炭素原子間結合を有する発光性物質である、以下に示す化学構造を有するaluminum tris(8-hydroxyquinoline) (Alq) からなる発光層7 (厚さ150nm) が形成されている。

【0024】

【化3】

(7)



Alq

【0025】

発光層7の上には、フッ化リチウム（LiF）からなる電子注入層10（厚さ1nm）が形成されている。電子注入層10の上には、光半透過性の第3電極11として、インジウムを20質量%含むマグネシウム合金（Mg：In）からなる層（厚さ10nm）が形成されている。第3電極11の上には、光透過性の補助電極12として、ITOの薄膜（厚さ136nm）がスパッタリング法により形成されている。第3電極11と補助電極12から複合電極が構成されている。

【0026】

正孔注入層5、正孔輸送層6、発光層7、電子注入層10、第3電極11はいずれも真空蒸着法により形成されている。

なお、CuPcの簡略化した分子式はC₃₂H₁₆N₈Cuであり、そのモル質量は576.08g/molである。NPBの簡略化した分子式はC₄₄H₃₂N₂であり、そのモル質量は588.75g/molであり、融点は277℃、ガラス転移温度は96℃、イオン化ポテンシャルは5.4eV、HOMOとLUMOとの間のエネルギーギャップは3.1eVである。Alqの簡略化した分子式はC₂₇H₁₈N₃O₃Alであり、そのモル質量は459.4318g/molであり、融点は存在せず、熱分解温度は412℃、ガラス転移温度は175℃、イオン化ポテンシャルは5.7eV、HOMOとLUMOとの間のエネルギーギャップは2.7eVである。

【0027】

上記各層の材質、屈折率、実膜厚、及び光学的膜厚を表1に示す。なお、光学的膜厚は、屈折率と実膜厚の積として求められる値である。

【0028】

【表1】

記号		材質	屈折率	実膜厚 (nm)	光学的膜厚 (nm)
1	基板	ガラス			
2	第1電極	Au	—	200	—
3	圧電体薄膜	AlN	1.9	50	95.0
4	第2電極	ITO	1.93	50	96.5
5	正孔注入層	CuPc	1.76	9	15.8
6	正孔輸送層	NPB	1.76	30	52.8
7	発光層	Alq	1.76	150	264.0
10	電子注入層	LiF	1.39	1	1.4
11	第3電極	Mg：In	—	10	—
12	補助電極	ITO	1.93	136	262.5

← 2 a

← 7 a

← 1 1 a

(8)

【0029】

表1において、2aは第1電極2の端面の位置を示しており、7aは発光層7の端面の位置を示しており、11aは第3電極11の端面の位置を示している。本実施例において、第1電極2及び第3電極11は、発光層7を挟む両側に設けられており、それぞれ主反射器を構成している。そして、これらの主反射器によりファブリーペロー型の光共振器が構成されている。また、圧電体薄膜3に第1電極2と第2電極4から電圧を印加することにより、圧電体薄膜3の厚さを変化させ、その屈折率を変化させることができる。従って、圧電体薄膜3の屈折率を変化させることにより、第1電極2と第3電極11からなる光共振器の光路長を変化させることができる。光共振器の光路長が変化させることにより、この光共振器から出射する光の波長ピークを変化させることができる。

【0030】

表2に、本実施例における主反射器間の光路長さなわち第1電極の端面2aと第3電極の端面11aの間の光路長、第1電極の端面2aと発光層の端面7aの間の光路長、第1の電極の端面2aと発光層中の発光が最も強く起こっている領域の中心（以下、「発光領域」という）の間の光路長、発光層の端面7aと第3電極の端面11aの間の光路長、発光領域と第3電極の端面11aの間の光路長、及び補助電極12内の光路長を示す。なお、本明細書において、設計ピーク波長とは、圧電体膜3に電圧を印加しない場合の光源からの発光ピーク波長である。また、本実施例において、発光層の発光領域は、発光層の端面7aから光学的膜厚で2.7nm内側の位置に存在している。

【0031】

【表2】

実施例1
発光領域：発光層の端面7aから2.7nmの領域
設計ピーク波長：525nm

	光路長(nm)	光路長/設計ピーク波長
第1電極の端面2a～第3電極の端面11a	525.5	200/200
第1電極の端面2a～発光層の端面7a	260.1	99/200
第1電極の端面2a～発光領域	262.8	100/200
発光層の端面7a～第3電極の端面11a	265.4	101/200
発光領域～第3電極の端面11a	262.7	100/200
補助電極12内	262.5	100/200

【0032】

表2に示した光路長は、表1に示す所定の各層の光学的膜厚を合計することにより求められる値である。なお、発光領域を一端とする光路長については、発光領域が発光層の端面7aから光学的膜厚で2.7nm内側に位置しているので、この光学的膜厚2.7nmを考慮することにより求められる。また、発光領域に近い発光層の端面は端面7aであるので、この端面7aを一端とする光路長を求めている。

【0033】

表2に示すように、主反射器間の光路長（第1電極の端面2a～第3電極の端面11aの光路長）は、設計ピーク波長の2分の1の自然数倍とほぼ等しくなっている。このため、設計ピーク波長の光は、光共振器と位相が合致し、光波の干渉が強め合う結果、設計ピーク波長に合致した光の放出が選択的に増強されるようになる。このため、光源から放出される発光ピークの形状が先鋭化され、半値幅が減少するようになる。

【0034】

また、発光領域と主反射器の間の光路長（第1電極の端面2a～発光領域の光路長及び発光領域～第3電極の端面11aの光路長）も、設計ピーク波長の2分の1の自然数倍とほぼ等しくなっており、設計ピーク波長と位相が合致するため、設計ピーク波長に合致した光の放出がさらに選択的に増強される。

(9)

【0035】

また、第1電極の端面2a～発光層の端面7aの光路長は、設計ピーク波長の自然数倍の200分の101～200分の88の範囲内となっている。発光層の端面7a～第3電極の端面11aの光路長は、設計ピーク波長の自然数倍の200分の99～200分の112の範囲内となっている。

【0036】

補助電極12内の光路長は、設計ピーク波長の2分の1の自然数倍とほぼ等しくなっており、設計ピーク波長と位相が合致するため、設計ピーク波長に合致した光の放出がさらに選択的に増強される。

【0037】

本実施例の光源の第1電極と第2電極とを電氣的に短絡して制御電圧 V_c を零とし、第2電極と第3電極との間に14Vの直流電圧を印加して電流を流したところ、発光面の法線と平行な発光面の正面軸上から観測した場合（観測角度 $\theta = 0$ の場合）、発光ピーク波長525nm、発光ピークの半値幅40nmの緑色発光がみられた。第2電極と第3電極との間に印加する電圧を変化させても、発光ピーク波長に変化は見られなかった。発光面の法線から角度 θ 傾いた方向から観測した場合、角度 θ が20度の時、発光ピーク波長493nm、発光ピークの半値幅30nmの緑色発光がみられた。角度 θ が30度の時、発光ピーク波長450nm付近とみられる弱い青緑色発光がみられた。角度 θ が35度以上の時には殆ど発光がみられなかった。

【0038】

次に、第1電極と第2電極との間の制御電圧として200Vの交流電圧を印加しながら、第2電極と第3電極との間に14Vの直流電圧を印加して電流を流したところ、発光面の法線と平行な発光面の正面軸上から観測した場合（観測角度 $\theta = 0$ の場合）、発光ピーク波長がシフトして521nmとなり、発光ピークの半値幅40nmの緑色発光がみられた。発光面の法線から角度 θ 傾いた方向から観測した場合、角度 θ が20度の時、発光ピーク波長489nm、発光ピークの半値幅25nmの緑色発光がみられた。角度 θ が30度の時、発光ピーク波長450nm付近とみられる極弱い青緑色発光がみられた。角度 θ が35度以上の時には全く発光がみられなかった。

【0039】

次に、第1電極と第2電極との間に電圧200Vの直流電圧を印加しながら、第2電極と第3電極との間に14Vの直流電圧を印加して電流を流したところ、発光面の法線と平行な発光面の正面軸上から観測した場合（観測角度 $\theta = 0$ の場合）、発光ピーク波長がシフトして515nmとなるのが観測された。発光面の法線から角度 θ 傾いた方向から観測した場合、角度 θ が20度の時、発光ピーク波長484nm、発光ピークの半値幅20nmの緑色発光がみられた。角度 θ が30度以上の時には殆ど発光がみられなかった。

【0040】

(比較例1)

実施例1において、第1電極2及び圧電体薄膜3を形成せずに、基板1上に直接第2電極4を形成し、その上に実施例1と同様にして各層を形成して比較の光源を作製した。各層の構成及び膜厚は実施例1と同様にした。

【0041】

この比較の光源の第2電極と第3電極との間に14Vの直流電圧を印加して電流を流したところ、発光面の法線と平行な光源の正面軸上から観測した場合、発光ピーク波長533nm、発光ピークの半値幅80nmの緑色発光が得られ、発光強度は実施例と比較して4割未満で弱かった。第2電極と第3電極との間に印加する電圧を変化させても、発光ピーク波長に変化は見られなかった。発光面の法線から角度 θ 傾いた方向から観測した場合、角度 θ が0度乃至75度の範囲で、発光ピーク波長に変化は見られなかった。角度 θ が75度を越えた場合、発光スペクトルの測定は困難であったが、ほぼ真横から見ても発光色に変化は見られなかった。

【0042】

(10)

(実施例2)

図2は、本実施例の波長可変光源を示す模式的断面図である。基板1としてのサファイア基板の(110)面上に、第1電極2としてスパッタリング法により金(gold)の薄膜(厚さ50nm)を形成した。次に、第1電極2の上に、圧電体薄膜3として、アルゴンと酸素からなる雰囲気中の電子サイクロトロン共鳴(ECR)プラズマによる反応性スパッタリング法により、酸化亜鉛(ZnO)の薄膜(厚さ74nm)を形成した。圧電体薄膜3の上に、第2電極4として、ITO薄膜(厚さ50nm)をスパッタリング法により形成した。

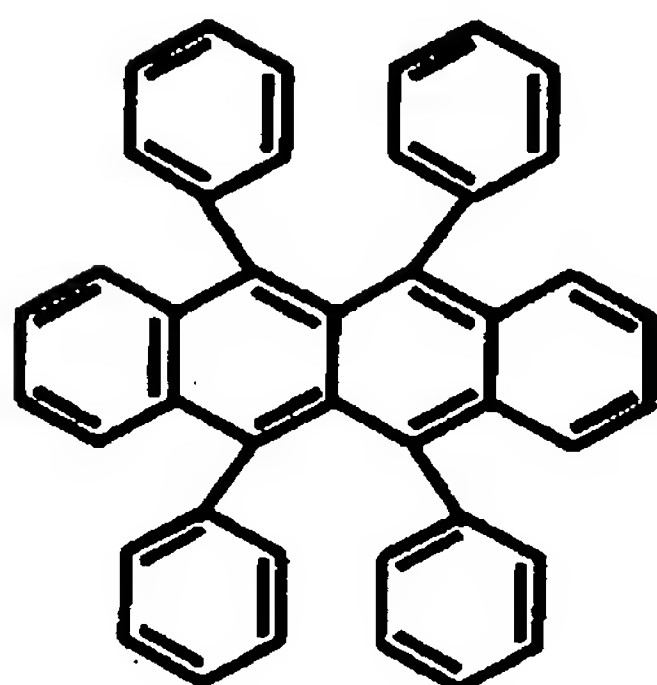
【0043】

第2電極4の上に、実施例1と同様の正孔注入層5及び正孔輸送層6を形成した。

正孔輸送層6の上に、発光層7として、Alqを92.5質量%、以下に示す化学構造を有する5,6,11,12-tetraphenyl naphthacene (ルブレン)を5質量%、以下に示す化学構造を有する2-methyl-6-[2-(2,3,6,7-tetrahydro-1H,5H-benzo[ij]quinolizine-9-yl)ethenyl]-4H-pyran-4-ylidene]propane-dinitrile (DCM2)を2.5質量%含む混合物発光層(厚さ35nm)を形成した。

【0044】

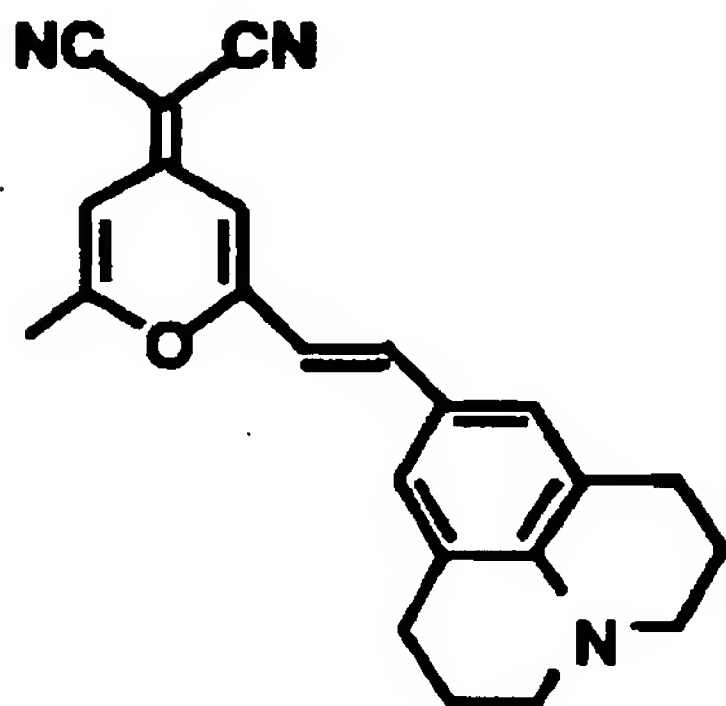
【化4】



rubrene

【0045】

【化5】



DCM2

【0046】

ルブレンの簡略化した分子式は $C_{42}H_{28}$ であり、そのモル質量は532.68g/m

(11)

o 1である。また、DCM2の簡略化した分子式は $C_{23}H_{21}ON_3$ であり、そのモル質量は 355.43 g/m o l である。

【0047】

発光層7の上に、電子輸送層9として、Alqの純物質からなる層（厚さ142nm）を形成した。電子輸送層9の上に、電子注入層10として、酸化リチウム（ Li_2O ）からなる層（厚さ6nm）を形成した。

【0048】

電子注入層10の上に、第3電極11として、銀層（厚さ10nm）を形成し、さらにその上に、補助電極12として、ITO層（厚さ168nm）をスパッタリング法により形成した。正孔注入層5、正孔輸送層6、発光層7、電子輸送層9、電子注入層10、第3電極11はいずれも真空蒸着法により形成されている。

【0049】

上記各層の材質、屈折率、実膜厚、及び光学的膜厚を表3に示す。

【0050】

【表3】

記号		材質	屈折率	実膜厚 (nm)	光学的膜厚 (nm)
1	基板	サファイア			
2	第1電極	Au	—	50	—
3	圧電体薄膜	ZnO	2	74	148.0
4	第2電極	ITO	1.84	50	92.0
5	正孔注入層	CuPc	1.72	9	15.5
6	正孔輸送層	NPB	1.72	30	51.6
7	発光層	Alq+ ルブレン+D CM2	1.72	35	60.2
9	電子輸送層	Alq	1.72	142	244.2
10	電子注入層	Li_2O	1.39	6	8.3
11	第3電極	Ag	—	10	—
12	補助電極	ITO	1.84	168	309.1

【0051】

表2と同様に、表4に本実施例における光路長を示す。本実施例の設計ピーク波長は620nmであり、発光領域は発光層の端面7aから光学的膜厚で2.9nm内側に位置している。

【0052】

【表4】

実施例2

発光領域：発光層の端面7aから2.9nmの領域
設計ピーク波長：620nm

	光路長(nm)	光路長/設計ピーク波長
第1電極の端面2a～第3電極の端面11a	619.9	200/200
第1電極の端面2a～発光層の端面7a	307.1	99/200
第1電極の端面2a～発光領域	310	100/200
発光層の端面7a～第3電極の端面11a	312.8	101/200
発光領域～第3電極の端面11a	309.9	100/200
補助電極12内	309.1	100/200

【0053】

(12)

表4に示すように、本実施例においても、実施例1と同様に、各光路長は設計ピーク波長の2分の1の自然数倍とほぼ等しくなっている。

本実施例の光源の第1電極と第2電極とを電氣的に短絡し、第2電極と第3電極との間に15Vの直流電圧を印加して電流を流したところ、発光面の法線と平行な光源の正面軸上から観測した場合、発光ピーク波長620nm、発光ピークの半値幅60nmの赤色発光が得られた。第2電極と第3電極との間に印加する電圧を変化させても、発光ピーク波長に変化は見られなかった。発光面の法線から角度 θ 傾いた方向から観測した場合、角度 θ が20度の時、発光ピーク波長585nm、発光ピークの半値幅50nmの黄色発光がみられた。角度 θ が30度の時、発光ピーク波長540nm付近とみられる極弱い緑色発光がみられた。角度 θ が35度以上の時には全く発光がみられなかった。

【0054】

次に、第1電極と第2電極との間に電圧200Vの交流電圧を印加しながら、第2電極と第3電極との間に14Vの直流電圧を印加して電流を流したところ、発光面の法線と平行な光源の正面軸上から観測した場合、交流電圧の印加に対応して発光ピーク波長がシフトして611nmとなるのが観測された。発光面の法線から角度 θ 傾いた方向から観測した場合、角度 θ が20度の時、発光ピーク波長574nm、発光ピークの半値幅45nmの黄色発光がみられた。角度 θ が30度の時、発光ピーク波長530nm付近とみられる極弱い緑色発光がみられた。角度 θ が35度以上の時には全く発光がみられなかった。

【0055】

(比較例2)

実施例2において、第1電極2及び圧電体薄膜3を形成せずに、基板1上に直接第2電極4を形成し、その上に実施例2と同様の各層を形成し、比較の光源を作製した。なお、各層の構成及び膜厚は実施例2と同様にした。

【0056】

この光源の第2電極と第3電極との間に15Vの直流電圧を印加して電流を流したところ、発光ピーク波長645nm、発光ピークの半値幅100nmのややオレンジ色味を帯びた赤色発光が得られ、発光強度は実施例と比較して4割未満で弱かった。第2電極と第3電極との間に印加する電圧を変化させても、発光ピーク波長に変化は見られなかった。発光面の法線から角度 θ 傾いた方向から観測した場合、角度 θ が0度乃至75度の範囲で、発光ピーク波長に変化は見られなかった。角度 θ が75度を越えた場合、発光スペクトルの測定は困難であったが、ほぼ真横から見ても発光色に変化は見られなかった。

【0057】

(実施例3)

図3は、本実施例の波長可変光源を示す模式的断面図である。基板1としてのサファイア基板の(110)面の上に、第1電極2として、金の薄膜(厚さ50nm)をスパッタリング法により形成した。次に、この上に圧電体薄膜3として、実施例2と同様の反応性スパッタ法により、酸化亜鉛(ZnO)の薄膜(厚さ50nm)を形成した。次に、この上に第2電極4として、ITO薄膜(厚さ48nm)をスパッタリング法により形成した。次に、NPBからなる正孔輸送層6(厚さ20nm)を形成した。

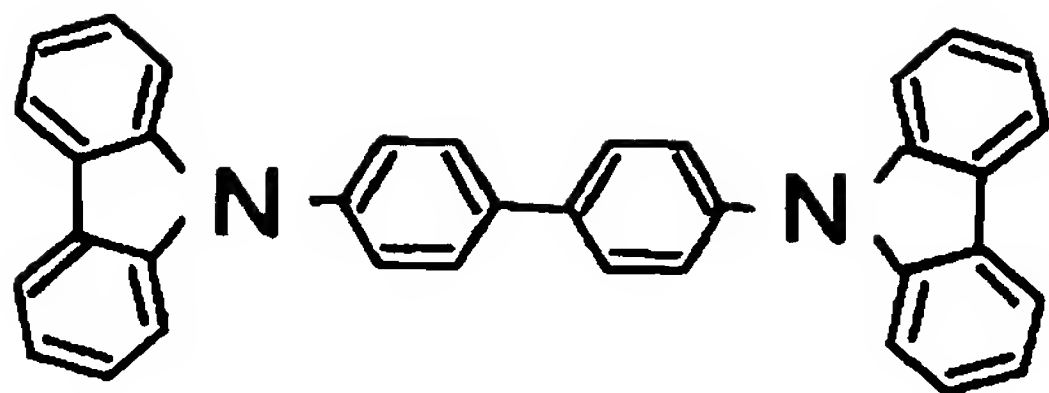
【0058】

正孔輸送層6の上に、発光層7として、以下に示す化学構造を有する4,4'-bis(carbazol-9-yl)-biphenyl(CBP)を94質量%、以下に示す化学構造を有するiridium(III)bis(4,6-difluorophenyl)-pyridinato-N,C2')picolinato(IrX)を6.0質量%含む混合物発光層(厚さ30nm)を形成した。

【0059】

【化6】

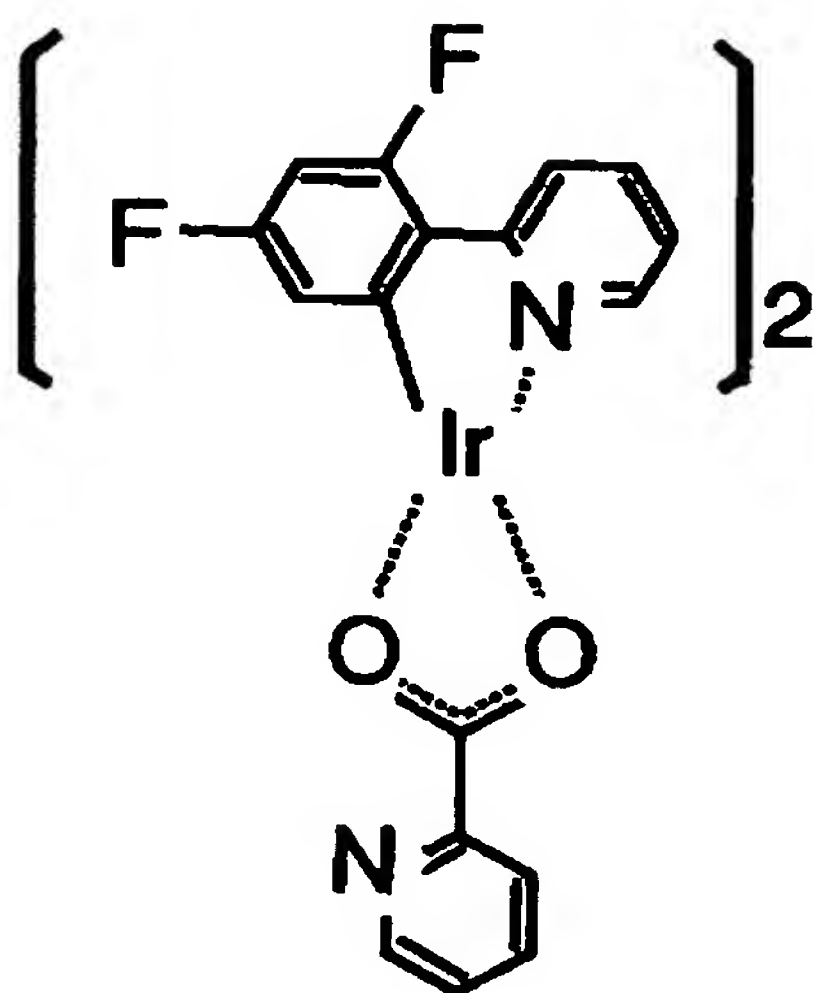
(13)



CBP

【0060】

【化7】



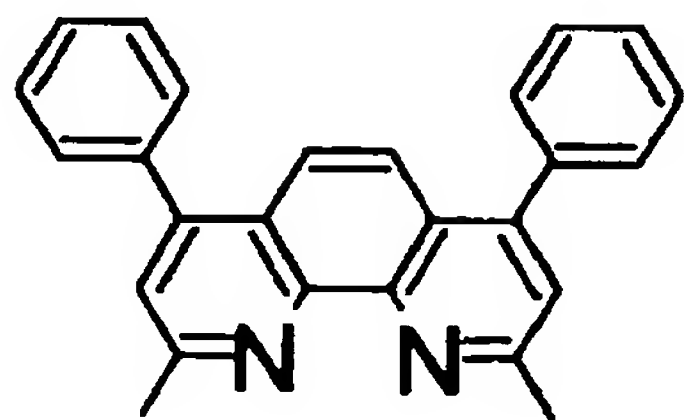
IrX

【0061】

次に、発光層7の上に、以下に示す化学構造を有する2,9-dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline (BCP) からなる正孔阻止性電子輸送層8 (厚さ10nm) を形成した。

【0062】

【化8】



BCP

【0063】

次に、Alq からなる電子輸送層9 (厚さ85nm) を形成し、さらにその上にLi₂O からなる電子注入層10 (厚さ6nm) を形成した。上記各層6, 7, 8, 9, 10は、いずれも真空蒸着法により形成した。

【0064】

(14)

次に、Agからなる第3電極11（厚さ10nm）及びITOからなる補助電極12（厚さ117nm）を順次スパッタリング法により形成した。

なお、CBPの簡略化した分子式はC₃₆H₂₄N₂であり、そのモル質量は484.60g/molである。BCPの簡略化した分子式はC₂₆H₂₀N₂であり、そのモル質量は360.45g/molである。IrXの簡略化した分子式はC₂₈H₁₆N₃O₂Irであり、そのモル質量は502.44g/molである。

【0065】

上記各層の材質、屈折率、実膜厚、及び光学的膜厚を表5に示す。

【0066】

【表5】

記号		材質	屈折率	実膜厚 (nm)	光学的膜厚 (nm)
1	基板	サファイア			
2	第1電極	Au	—	50	—
3	圧電体薄膜	ZnO	2	50	100.0
4	第2電極	ITO	2	48	96.0
6	正孔輸送層	NPB	1.83	20	36.6
7	発光層	CBP+ IrX	1.83	30	54.9
8	正孔阻止性 電子輸送層	BCP	1.83	10	18.3
9	電子輸送層	Alq	1.83	85	155.6
10	電子注入層	Li ₂ O	1.39	6	8.3
11	第3電極	Ag	—	10	—
12	補助電極	ITO	2	117	234.0

【0067】

本実施例の波長可変光源の設計ピーク波長は470nmである。また発光領域は、発光層の端面7aから光学的膜厚で2.3nm内側に位置している。

実施例1の表2と同様にして、本実施例における各光路長を表6に示す。

【0068】

【表6】

実施例3

発光領域：発光層の端面7aから2.3nmの領域

設計ピーク波長：470nm

	光路長(nm)	光路長/設計ピーク波長
第1電極の端面2a～第3電極の端面11a	469.7	200/200
第1電極の端面2a～発光層の端面7a	232.6	99/200
第1電極の端面2a～発光領域	234.9	100/200
発光層の端面7a～第3電極の端面11a	237.1	101/200
発光領域～第3電極の端面11a	234.8	100/200
補助電極12内	234.0	100/200

【0069】

表6に示すように、各光路長は、設計ピーク波長の2分の1の自然数倍とほぼ等しくなっている。

本実施例の光源の第1電極と第2電極とを電氣的に短絡し、第2電極と第3電極との間に12Vの直流電圧を印加して電流を流したところ、発光面の法線と平行な光源の正面軸上から観測した場合、発光ピーク波長470nm、発光ピークの半値幅35nmの青色発光

(15)

が得られた。第2電極と第3電極との間に印加する電圧を変化させても、発光ピーク波長に変化は見られなかった。発光面の法線から角度 θ 傾いた方向から観測した場合、角度 θ が20度の時、発光ピーク波長441nm、発光ピークの半値幅30nmの青色発光がみられた。角度 θ が30度の時、発光スペクトルの測定は困難で極弱い青色発光がみられた。角度 θ が35度以上の時には全く発光がみられなかった。

【0070】

次に、第1電極と第2電極との間に電圧200Vの交流電圧を印加しながら、第2電極と第3電極との間に14Vの直流電圧を印加して電流を流したところ、発光面の法線と平行な光源の正面軸上から観測した場合、交流電圧の印加に対応して発光ピーク波長がシフトして465nmとなるのが観測された。発光面の法線から角度 θ 傾いた方向から観測した場合、角度 θ が20度の時、発光ピーク波長437nm、発光ピークの半値幅20nmの青色発光がみられた。角度 θ が30度以上の時には全く発光がみられなかった。

【0071】

(比較例3)

実施例3において、第1電極2及び圧電体薄膜3を形成せずに、基板1上に直接第2電極4を形成し、その上に実施例3と同様に各層を形成して比較の光源を作製した。各層の構成及び膜厚は実施例3と同じにした。

【0072】

この光源の第2電極と第3電極との間に12Vの直流電圧を印加して電流を流したところ、発光面の法線と平行な光源の正面軸上から観測した場合、発光ピーク波長480nm、発光ピークの半値幅70nmのかなり水色味を帯びた青色発光が得られ、発光強度は実施例と比較して4割未満で弱かった。第2電極と第3電極との間に印加する電圧を変化させても、発光ピーク波長に変化は見られなかった。発光面の法線から角度 θ 傾いた方向から観測した場合、角度 θ が0度乃至75度の範囲で、発光ピーク波長に変化は見られなかった。角度 θ が75度を越えた場合、発光スペクトルの測定は困難であったが、ほぼ真横から見ても発光色に変化は見られなかった。

【0073】

図4は、本発明の波長可変光源を用いた高速光通信システムを説明するための模式図である。図4に示すように、本発明に従う波長可変光源20aが複数設けられて送信デバイス20を構成している。また、各波長可変光源20aに対応した箇所にフォトダイオード21aが複数設けられており、受信デバイス21を構成している。波長可変光源20aの屈折率変調手段に電気信号に対応した電圧変化を与えることにより、波長可変光源20aから出射される発光スペクトルの波長を変化させることができる。この発光スペクトルの変化をフォトダイオード21aで受光することにより、波長可変光源20aからの光信号を電気信号に変換することができる。

【0074】

図4に示した高速光通信デバイスは、本発明の波長可変光源を用いた通信デバイスの一例であり、本発明の波長可変光源は図4に示すデバイスに限定されるものではない。

【0075】

(実施例4)

実施例1と同様のプロセスで、表7に示す構造の光源を作製した。

【0076】

【表7】

(16)

記号		材質	屈折率	実膜厚 (nm)	光学的 膜厚 (nm)	光路長 合計 (nm)	光路長 合計 (nm)	主反射 器間の 光路長 (nm)
1	基板	ガラス						
2	第1電極	Al	-	200.0	-			
2a	端面						(2a)	(2a)
3	屈折率変調手段	AlN	1.9	76.3	145.0	287.3	432.3	580.0
4	第2電極	ITO	1.93	75.1	145.0			
5	正孔注入層	CuPc	1.76	9.0	15.8			
6	正孔輸送層	NPB	1.76	71.9	126.5			
7a	界面						(7a)	147.7
7	発光層	Alq	1.76	83.1	146.3			
10	電子注入層	LiF	1.39	1.0	1.4			
11a	界面						(11a)	(11a)
11	第3電極	Al	-	10.0	-			
12	補助電極	ITO	1.93	150.3	290.0		290.0	

【0077】

本実施例の設計ピーク波長は580nmであり、発光領域は発光層の端面7aから光学的膜厚で2.7nm内側に位置している。

【0078】

(実施例5)

実施例2と同様のプロセスで、表8に示す構造の光源を作製した。

【0079】

【表8】

記号		材質	屈折率	実膜厚 (nm)	光学的 膜厚 (nm)	光路長 合計 (nm)	光路長 合計 (nm)	光路長 合計 (nm)
1	基板	ガラス						
2	第1電極	Au	-	200.0	-	-	-	-
2a	界面						(2a)	(2a)
3	屈折率変調手段	ZnO	2	95.0	190.0	172.9	362.9	720.2
4	第2電極	ITO	1.84	75.6	139.1			
5	正孔注入層	CuPc	1.72	8.0	13.8			
6	正孔輸送層	NPB	1.72	11.6	20.0			
7a	界面						(7a)	
7	発光層	Alq+rubrene +DCM2	1.72	8.7	15.0	169.0	357.3	
9	電子輸送層	Alq	1.72	89.5	154.0			
10	電子注入層	Li ₂ O	1.39	6.0	8.3			
12	補助電極	ITO	1.84	97.8	180.0			
11a	界面						(11a)	(11a)
11	第3電極	Ag	-	10.0	-	-	-	-

【0080】

本実施例の設計ピーク波長は720nmであり、発光領域は発光層の端面7aから光学的膜厚で2.9nm内側に位置している。

(17)

【0081】

(実施例6)

ガラス基板1上に屈折率が異なる誘電体層24～21を積層して誘電体多層膜ミラーとした。電極2として、ITO層をスパッタリング法で形成した。

【0082】

その後、実施例5と同様のプロセスで、表9に示す構造の光源を作製した。

【0083】

【表9】

記号		材質	屈折率	実膜厚 (nm)	光学的 膜厚 (nm)	光路長 合計 (nm)	光路長 合計 (nm)	光路長 合計 (nm)
1	基板	ガラス						
24	低屈折率層	SiO ₂	1.46	119.9	175.0			
23	高屈折率層	TiO ₂	2.35	74.5	175.0			
22	低屈折率層	SiO ₂	1.46	119.9	175.0			
21	高屈折率層	TiO ₂	2.35	74.5	175.0			
2	第1電極	ITO	1.84	97.8	180.0			
2a	界面						(2a)	(2a)
3	屈折率変調手段	ZnO	2	95.0	190.0		362.9	720.2
4	第2電極	ITO	1.84	75.6	139.1	172.9		
5	正孔注入層	CuPc	1.72	8.0	13.8			
6	正孔輸送層	NPB	1.72	11.6	20.0			
7a	界面						(7a)	
7	発光層	Alq+rubrene +DCM2	1.72	8.7	15.0	169.0	357.3	
9	電子輸送層	Alq	1.72	89.5	154.0			
10	電子注入層	Li ₂ O	1.39	6.0	8.3			
12	補助電極	ITO	1.84	97.8	180.0			
11a	界面						(11a)	(11a)
11	第3電極	Ag	-	10.0	-	-	-	-

【0084】

本実施例の設計ピーク波長は720nmであり、発光領域は発光層の端面7aから光学的膜厚で2.9nm内側に位置している。

【0085】

(実施例7)

石英ガラスを基板1とし、真空中で銀の薄膜を電子ビーム加熱法で蒸着し、電極2bとした。

【0086】

次に、電極2bの上に、圧電体薄膜3bとして、酸化亜鉛(ZnO)層を、波長248nmのKrFエキシマパルスレーザーを用いたレーザーアブレーション法により形成した。この際、酸素の分圧は 10^{-6} Pa \sim 10^{-7} Paとし、基板の温度は600℃とした。基板の温度は、500℃ \sim 700℃の範囲で変更可能であった。この酸化亜鉛(ZnO)層をX線回折法で分析したところ、酸化亜鉛のc軸が基板面垂直方向に整列していることが確認された。

【0087】

次に、圧電体薄膜3b上に、補助電極2cとして、ITO層をスパッタリング法で形成した。

(18)

次に、補助電極 2 c 上に、第 1 電極 2 として、銀の薄膜をスパッタリング法で形成した。

【0088】

次に、電極 2 上に、圧電体薄膜 3 として、酸化亜鉛層を上記と同様のレーザーアブレーション法により形成した。

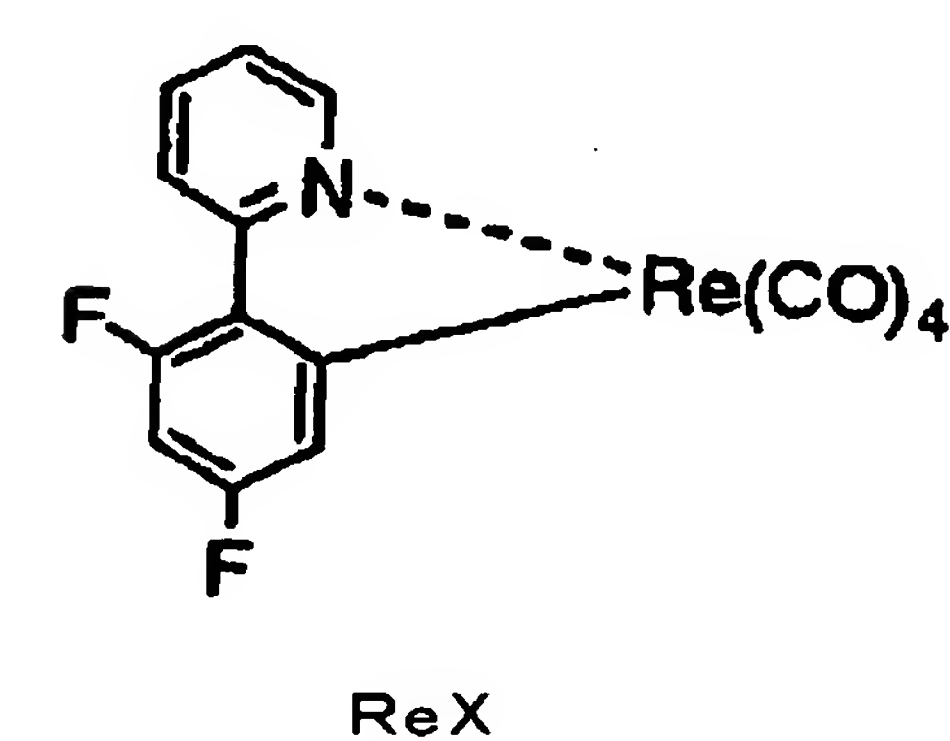
次に、圧電体薄膜 3 上に、電極 4 として、ITO 層をスパッタリング法で形成した。

【0089】

その後、実施例 3 と同様のプロセスで、表 10 に示す構造の光源を作製した。発光層 7 に用いる Ir X の代わりに、以下に示す化学構造を有するレニウムの有機金属化合物 Re X を用いた。

【0090】

【化 9】



【0091】

【表 10】

記号		材質	屈折率	実膜厚 (nm)	光学的 膜厚 (nm)	光路長 合計 (nm)	光路長 合計 (nm)	光路長 合計 (nm)
1	基板	石英ガラス						
2b	第2b電極	Ag	－	100.0	－	－	－	－
3b	屈折率変調手段	ZnO	2	67.5	135.0		265.0	
2c	補助電極	ITO	2	65.0	130.0			
2	第1電極	Ag	－	10.0	－	－	－	－
2a	界面						(2a)	(2a)
3	屈折率変調手段	ZnO	2	67.5	135.0		263.0	530.0
4	第2電極	ITO	2	49.0	98.0	128.0		
6	正孔輸送層	NPB	1.83	16.4	30.0			
7a	界面						(7a)	
7	発光層	CBP+ ReX	1.83	60.3	110.4		267.0	
8	正孔阻止性電子 輸送層	BCP	1.83	10.0	18.3	156.6		
9	電子輸送層	Alq	1.83	71.0	130.0			
10	電子注入層	Li ₂ O	1.39	6.0	8.3			
11a	界面						(11a)	(11a)
11	第3電極	Ag	－	10.0	－	－	－	－
12	補助電極	ITO	2	65.5	131.0		131.0	

【0092】

本実施例の設計ピーク波長は 530 nm であり、発光領域は発光層の端面 7 a から光学的

(19)

膜厚で2.0nm内側に位置している。

【0093】

(発光特性)

上記各実施例及び各比較例の発光特性を、表11～表14に示す。

【0094】

【表11】

	制御電圧 Vc/V	制御電圧 Vc	θ (度)	発光ピーク 波長 (nm)	発光ピーク の半値幅 (nm)	相対輝度	発光色
実施例1	0	none	0	525	40	1	緑
実施例1	0	none	10	517	39	0.9	緑
実施例1	0	none	20	493	30	0.6	緑
実施例1	0	none	30	450	測定不能	0.1	青緑色
実施例1	0	none	35	測定不能	測定不能	0.01	測定不能
実施例1	200	a.c.	0	521	40	1	緑
実施例1	200	a.c.	10	513	38	0.85	緑
実施例1	200	a.c.	20	489	25	0.5	緑
実施例1	200	a.c.	30	450	測定不能	0.1	青緑色
実施例1	200	a.c.	35	非発光	非発光	0	非発光
実施例1	200	d.c.	0	515	35	0.95	緑
実施例1	200	d.c.	10	507	34	0.8	緑
実施例1	200	d.c.	20	484	20	0.3	緑
実施例1	200	d.c.	30	測定不能	測定不能	0.05	測定不能
実施例1	200	d.c.	35	非発光	非発光	0	非発光
比較例1	none	none	0	533	80	1	緑
比較例1	none	none	45	533	80	0.6	緑
比較例1	none	none	75	533	80	0.2	緑
実施例4	0	none	0	550	25	0.8	緑
実施例4	0	none	10	540	30	0.9	緑
実施例4	0	none	20	530	40	1	緑
実施例4	0	none	30	520	40	1	緑
実施例4	0	none	35	480	18	0.7	緑
実施例4	0	none	40	460	15	0.5	青緑色
実施例4	0	none	45	450	測定不能	0.1	青緑色
実施例4	0	none	50	非発光	非発光	0	非発光
実施例4	100	d.c.	0	535	35	0.9	緑
実施例4	100	d.c.	10	530	40	1	緑
実施例4	100	d.c.	20	515	38	0.9	緑
実施例4	100	d.c.	30	470	15	0.3	青緑色
実施例4	100	d.c.	35	450	測定不能	0.1	青緑色
実施例4	100	d.c.	40	非発光	非発光	0	非発光
比較例4	none	none	0	533	80	1	緑
比較例4	none	none	45	533	80	0.6	緑
比較例4	none	none	75	533	80	0.2	緑

(20)

【0095】

【表12】

	制御電圧 Vc/V	制御電圧 Vc	θ (度)	発光ピーク 波長 (nm)	発光ピーク の半値幅 (nm)	相対輝度	発光色
実施例2	0	none	0	620	60	1	赤
実施例2	0	none	10	611	55	0.8	赤
実施例2	0	none	20	585	50	0.5	黄
実施例2	0	none	30	540	測定不能	0.1	緑
実施例2	0	none	35	非発光	非発光	0	非発光
実施例2	200	a.c.	0	611	60	1	黄
実施例2	200	a.c.	10	602	50	0.7	黄
実施例2	200	a.c.	20	574	45	0.2	黄
実施例2	200	a.c.	30	530	測定不能	0.1	緑
実施例2	200	a.c.	35	非発光	非発光	0	非発光
実施例2	100	d.c.	0	605	50	0.8	黄
実施例2	100	d.c.	10	600	45	0.6	黄
実施例2	100	d.c.	20	570	測定不能	0.1	黄
実施例2	100	d.c.	30	非発光	非発光	0	非発光
実施例2	100	d.c.	35	非発光	非発光	0	非発光
比較例2	none	none	0	645	100	1	赤
比較例2	none	none	45	645	100	0.6	赤
比較例2	none	none	75	645	100	0.2	赤
比較例5	none	none	0	645	100	1	赤
比較例5	none	none	45	645	100	0.6	赤
比較例5	none	none	75	645	100	0.2	赤

【0096】

【表13】

(21)

	制御電圧 Vc/V	制御電圧 Vc	θ (度)	発光ピーク 波長 (nm)	発光ピーク の半値幅 (nm)	相対輝度	発光色
実施例5	0	none	0	710	30	0.6	赤
実施例5	0	none	10	700	40	0.7	赤
実施例5	0	none	20	680	55	1	赤
実施例5	0	none	30	640	60	1	赤
実施例5	0	none	35	620	50	0.6	赤
実施例5	0	none	40	600	30	0.2	赤
実施例5	0	none	45	測定不能	測定不能	0.05	赤
実施例5	0	none	50	非発光	非発光	0	非発光
実施例5	100	d.c.	0	680	60	1	赤
実施例5	100	d.c.	10	680	60	1	赤
実施例5	100	d.c.	20	650	60	0.7	赤
実施例5	100	d.c.	30	600	40	0.2	赤
実施例5	100	d.c.	35	580	測定不能	0.1	赤
実施例5	100	d.c.	40	非発光	非発光	0	非発光
実施例6	0	none	0	710	30	0.5	赤
実施例6	0	none	10	700	35	0.6	赤
実施例6	0	none	20	680	50	1	赤
実施例6	0	none	30	640	50	0.9	赤
実施例6	0	none	35	620	50	0.5	赤
実施例6	0	none	40	600	30	0.1	赤
実施例6	0	none	45	測定不能	測定不能	0.05	赤
実施例6	0	none	50	非発光	非発光	0	非発光
実施例6	100	d.c.	0	680	55	1	赤
実施例6	100	d.c.	10	680	55	0.9	赤
実施例6	100	d.c.	20	650	55	0.6	赤
実施例6	100	d.c.	30	600	35	0.1	赤
実施例6	100	d.c.	35	測定不能	測定不能	0.05	赤
実施例6	100	d.c.	40	非発光	非発光	0	非発光
比較例6	none	none	0	645	100	1	赤
比較例6	none	none	45	645	100	0.6	赤
比較例6	none	none	75	645	100	0.2	赤

【0097】

【表14】

(22)

	制御電圧 Vc/V	制御電圧 Vc	θ (度)	発光ピーク 波長 (nm)	発光ピーク の半値幅 (nm)	相対輝度	発光色
実施例3	0	none	0	470	35	1	青
実施例3	0	none	10	465	35	0.8	青
実施例3	0	none	20	441	30	0.5	青
実施例3	0	none	30	測定不能	測定不能	0.1	青
実施例3	0	none	35	非発光	非発光	0	非発光
実施例3	200	a.c.	0	465	35	1	青
実施例3	200	a.c.	10	460	35	0.7	青
実施例3	200	a.c.	20	437	20	0.3	青
実施例3	200	a.c.	30	非発光	非発光	0	非発光
実施例3	200	a.c.	35	非発光	非発光	0	非発光
実施例3	100	d.c.	0	450	30	0.8	青
実施例3	100	d.c.	10	445	25	0.5	青
実施例3	100	d.c.	20	435	20	0.1	青
実施例3	100	d.c.	30	非発光	非発光	0	非発光
実施例3	100	d.c.	35	非発光	非発光	0	非発光
比較例3	none	none	0	480	70	1	青
比較例3	none	none	75	480	70	0.2	青
比較例7	none	none	0	460	50	1	青
比較例7	none	none	75	460	50	0.2	青
実施例7	0	none	0	500	50	0.8	青
実施例7	0	none	10	480	40	0.9	青
実施例7	0	none	20	460	30	1	青
実施例7	0	none	30	460	30	1	青
実施例7	0	none	35	440	25	0.8	青
実施例7	0	none	40	420	20	0.4	青
実施例7	0	none	45	400	測定不能	0.1	青
実施例7	0	none	50	非発光	非発光	0	非発光
実施例7	100	d.c.	0	460	35	1	青
実施例7	100	d.c.	10	460	30	1	青
実施例7	100	d.c.	20	445	25	0.9	青
実施例7	100	d.c.	30	400	測定不能	0.1	青
実施例7	100	d.c.	35	非発光	非発光	0	非発光
実施例7	100	d.c.	40	非発光	非発光	0	非発光

【0098】

【発明の効果】

以上のように、本発明に従えば、有機EL素子などの有機物質を発光させる光源において、発光スペクトル幅が狭く、発光波長を容易に可変することができる。従って、本発明の波長可変光源は、高速光通信等の用途に用いることができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従う実施例の波長可変光源を示す模式的断面図。

【図2】本発明に従う実施例の波長可変光源を示す模式的断面図。

(23)

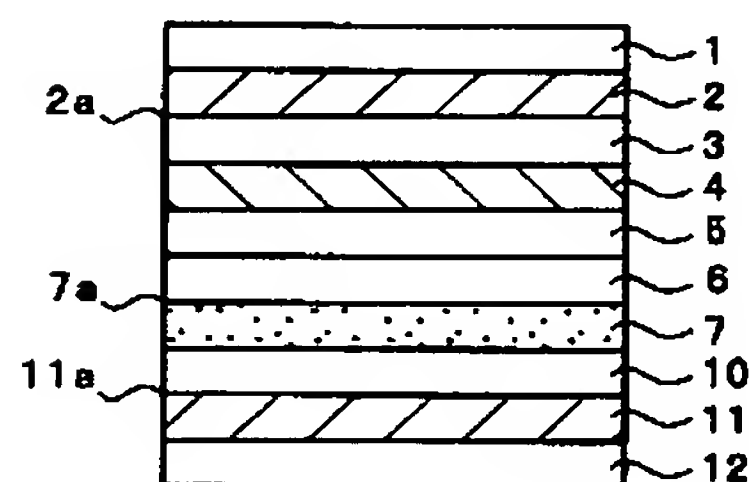
【図3】本発明に従う実施例の波長可変光源を示す模式的断面図。

【図4】本発明の波長可変光源を用いた高速光通信システムを示す模式図。

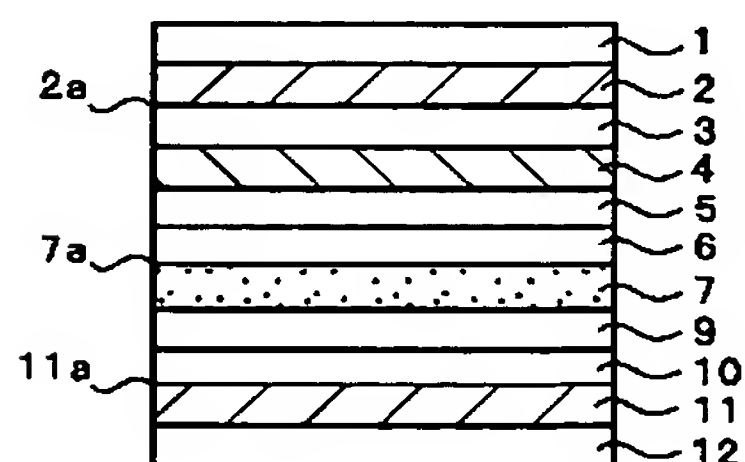
【符号の説明】

- 1…基板
- 2…第1電極
- 2a…第1電極の端面
- 3…圧電体薄膜
- 4…第2電極
- 5…正孔注入層
- 6…正孔輸送層
- 7…発光層
- 7a…発光層の端面
- 8…正孔阻止性電子輸送層
- 9…電子輸送層
- 10…電子注入層
- 11…第3電極
- 11a…第3電極の端面
- 12…補助電極
- 20…送信デバイス
- 20a…波長可変光源
- 21…受信デバイス
- 21a…フォトダイオード

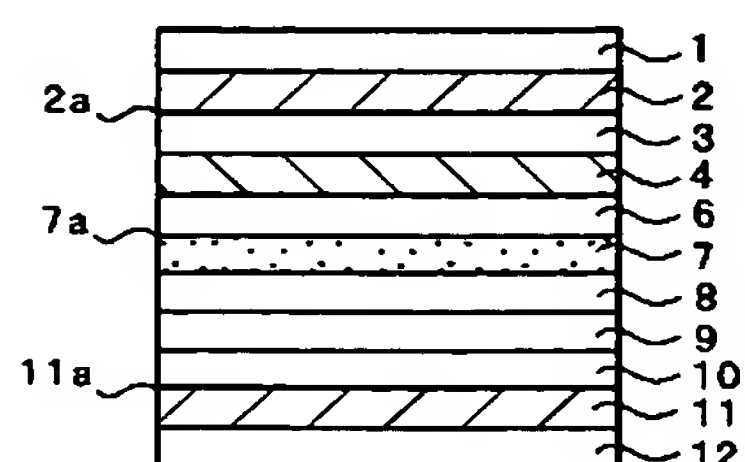
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

